

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ช
รายการรูปประกอบ	ฌ
รายการสัญลักษณ์	ฐ
ประมวลศัพท์และคำย่อ	ฑ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.5 นิยามศัพท์ที่ใช้ในงานวิจัย	3
2. ทฤษฎีสัมพันธ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 พลังงานน้ำ	4
2.2 พลังงานแสงอาทิตย์	16
2.3 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน	29
2.4 โซลาร์กาลัง	32
2.5 การศึกษาและวิเคราะห์ทางด้านประสิทธิภาพ	35
2.6 การศึกษาและวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	37
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3. วิธีการศึกษาและดำเนินการวิจัย	41
3.1 ขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย	41
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวัดที่ใช้ในการวิจัย	43
3.3 สถานที่ในการทำวิจัย	49
3.4 ตัวแปรที่ต้องการเก็บผลการทดสอบ	49
3.5 ออกแบบและสร้างระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานจากระบบประปาหมู่บ้านและเซลล์แสงอาทิตย์	50
3.6 วิธีดำเนินการทดลอง	60
3.7 ทำการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเศรษฐศาสตร์	63
4. ผลการวิจัย	64
4.1 การวิเคราะห์ทางเทคนิค	64
4.2 ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ	85
4.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	87
5. สรุปและข้อเสนอแนะ	91
5.1 สรุปผลการวิจัย	91
5.2 ปัญหาอุปสรรคในการวิจัย	91
5.3 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย	92
เอกสารอ้างอิง	93
ภาคผนวก	95
ก. ผลการทดลอง	96
ข. ตัวอย่างแสดงการคำนวณ	130
ค. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	133
ง. โปรแกรมวัดค่าต่างๆ	135
ประวัติผู้วิจัย	139

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 คุณลักษณะของกังหันแต่ละชนิดกับอัตราการไหลของน้ำ	7
2.2 ค่าปัจจัยที่มีผลต่อการไหลของน้ำ	12
2.3 ค่าการสูญเสียพลังงานจากอุปกรณ์ไฟฟ้า	14
2.4 การติดตั้งระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กทั่วประเทศเวียดนาม	16
2.5 ตัวอย่างการออกแบบระบบเซลล์แสงอาทิตย์เล็กเมื่อมีอุปกรณ์มาต่อเชื่อมแล้ว	26
3.1 ค่าแรงกระทำของน้ำต่อกังหัน	54
4.1 ผลการทดลองกังหันน้ำที่ความสูงของหัวฉีดน้ำ 50 เซนติเมตร	64
4.2 ผลการทดลองกังหันน้ำที่ความสูงของหัวฉีดน้ำ 30 เซนติเมตร	66
4.3 ผลการทดลองกังหันน้ำที่ความสูงของหัวฉีดน้ำ 10 เซนติเมตร	67
4.4 ผลการทดลองกังหันน้ำพลังงานไฟฟ้า ขนาด 300 วัตต์ วันที่ 3 มกราคม 2558	68
4.5 ผลการทดลองกังหันน้ำพลังงานไฟฟ้า ขนาด 300 วัตต์ วันที่ 4 มกราคม 2558	70
4.6 ผลการทดลองกังหันน้ำพลังงานไฟฟ้า ขนาด 300 วัตต์ วันที่ 5 มกราคม 2558	72
4.7 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์จากโปรแกรม PVSYST V5.55	75
4.8 ข้อมูลพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์จากโปรแกรม PVSYST V5.55 ระยะเวลาหนึ่งปี	76
4.9 ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และค่าพลังงานแสงอาทิตย์จากเครื่องมือวัด วันที่ 3 มกราคม 2558	77
4.10 ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และค่าพลังงานแสงอาทิตย์จากเครื่องมือวัด วันที่ 4 มกราคม 2558	79
4.11 ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และค่าพลังงานแสงอาทิตย์จากเครื่องมือวัด วันที่ 5 มกราคม 2558	80
4.12 ค่าประสิทธิภาพของกังหันน้ำพลังงานไฟฟ้า ขนาด 300 วัตต์	85
4.13 ค่าประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	86
4.14 ค่าประสิทธิภาพรวมของระบบ	86
4.15 กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยและมูลค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้	87
4.16 ต้นทุนของระบบผลิตกระแสไฟฟ้า	88
4.17 มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนและต้นทุนโครงการ	89
4.18 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ตลอดอายุการใช้	90
4.19 แสดงผลการวิเคราะห์	90

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ก. 1.1 ผลค่าเฉลี่ยพลังงานแสงอาทิตย์ที่วัดได้ วันที่ 3 มกราคม 2558	96
ก. 1.2 ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่วัดได้ก่อนนาฬิกา วันที่ 3 มกราคม 2558	98
ก. 2.1 ผลค่าเฉลี่ยพลังงานแสงอาทิตย์ที่วัดได้ วันที่ 4 มกราคม 2558	107
ก. 2.2 ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่วัดได้ก่อนนาฬิกา วันที่ 4 มกราคม 2558	109
ก. 3.1 ผลค่าเฉลี่ยพลังงานแสงอาทิตย์ที่วัดได้ วันที่ 5 มกราคม 2558	118
ก. 3.2 ผลค่าเฉลี่ยพลังงานแสงอาทิตย์ที่วัดได้ วันที่ 5 มกราคม 2558	120

รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า
2.1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ	5
2.2 ความสูงของหัวน้ำในระยะต่างๆ กัน	7
2.3 ชนิดของกังหันน้ำ	8
2.4 ส่วนประกอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ	9
2.5 การสูญเสียพลังงานจากการเปลี่ยนรูปพลังงานจากแรงดันน้ำเป็นไฟฟ้า	11
2.6 ระบบ Pico Hydro ที่บ้านท่าเป่น หลวงพระบาง ประเทศลาว	14
2.7 ราคาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า Pico Hydro เมืองหลวงพระบาง ประเทศลาว	15
2.8 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กทั่วประเทศเวียดนาม	16
2.9 Solar Home System	18
2.10 Solar Cell	18
2.11 โครงสร้าง Solar Cell	19
2.12 ผังชนิดเซลล์แสงอาทิตย์	20
2.13 ขนาดของ Solar Cell	21
2.14 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Amorphous	21
2.15 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Mono crystalline	22
2.16 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Poly crystalline	22
2.17 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Super amorphous	23
2.18 Charge controller	24
2.19 แบตเตอรี่	24
2.20 กราฟแสดงจำนวนครั้งการประจุกับค่า DOD	25
2.21 เครื่องอินเวอร์เตอร์	26
2.22 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (พ.ศ. 2542)	28
2.23 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบอนุกรม	30
2.24 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบสลับ	30
2.25 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบขนาน	31
2.26 ระบบผลิตไฟฟ้าผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	31
2.27 ลักษณะโซ่ส่งกำลังแบบโรลเลอร์	33
2.28 ลักษณะเฟืองโซ่แบบโรลเลอร์	34

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
2.29 การส่งกำลังจากเฟืองโซ่ไปยังโซ่โรลเลอร์	34
3.1 ขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย	42
3.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	43
3.3 แผงเซลล์แสงอาทิตย์	44
3.4 เครื่องควบคุมการชาร์จเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	44
3.5 เครื่องควบคุมการชาร์จเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar controller)	45
3.6 แบตเตอรี่ (Battery)	45
3.7 เครื่องแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ (Inverter)	46
3.8 เครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar power meter)	47
3.9 มัลติมิเตอร์ (Multimeter)	47
3.10 เครื่องวัดความเร็วรอบ (Tachometer)	48
3.11 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลแบบพกพา (Portable Electronic Scale)	48
3.12 แบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานจากระบบประปาหมู่บ้านและเซลล์แสงอาทิตย์	50
3.13 แบบระบบพลังงานไฟฟ้ากักเก็บน้ำจากประปาหมู่บ้าน	51
3.14 แบบระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์	51
3.15 แบบกักเก็บน้ำ	52
3.16 ประกอบกักเก็บน้ำรัศมีขนาด 0.25 เมตร	52
3.17 ขนาดของหัวฉีดที่ใช้ทดสอบหาแรงกระทำต่อกักเก็บ	53
3.18 แบบทดสอบหาแรงของน้ำที่กระทำต่อกักเก็บน้ำ	53
3.19 การทดสอบหาขนาดกักเก็บน้ำที่เหมาะสม	54
3.20 ติดตั้งชุดกักเก็บ	56
3.21 ติดตั้งชุดกักเก็บเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	57
3.22 แสดงการเดินสายไฟเพื่อต่อจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับชุดควบคุมการชาร์จ	57
3.23 ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์	58
3.24 การเดินสายไฟเพื่อต่อจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับชุดควบคุมการชาร์จ	58
3.25 อุปกรณ์และแผงควบคุม	59
3.26 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง	60
3.27 เก็บข้อมูลความเร็วรอบ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	61

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
3.28 เก็บข้อมูล แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของเครื่องกำเนิด	61
3.29 การเก็บข้อมูลค่ากำลังไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์	62
3.30 การเก็บข้อมูลแรงดันไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์	62
4.1 ความแปรผันระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิด ขนาด 300 วัตต์ ที่ความสูงของหัวฉีดน้ำ 50 เซนติเมตร หัวฉีดน้ำขนาด 1 1/2 นิ้ว, 1 นิ้ว และ 3/4 นิ้ว	65
4.2 ความแปรผันระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิด ขนาด 300 วัตต์ ที่ความสูงของหัวฉีดน้ำ 30 เซนติเมตร หัวฉีดน้ำขนาด 1 1/2 นิ้ว, 1 นิ้ว และ 3/4 นิ้ว	66
4.3 ความแปรผันระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขนาด 300 วัตต์ ที่ความสูงของหัวฉีดน้ำ 10 เซนติเมตร หัวฉีดน้ำขนาด 1 1/2 นิ้ว, 1 นิ้ว และ 3/4 นิ้ว	67
4.4 กำลังไฟฟ้าที่ได้ของเครื่องกำเนิด ขนาด 300 วัตต์ วันที่ 3 มกราคม 2558	70
4.5 กำลังไฟฟ้าที่ได้ของเครื่องกำเนิด ขนาด 300 วัตต์ วันที่ 4 มกราคม 2558	72
4.6 กำลังไฟฟ้าที่ได้ของเครื่องกำเนิด ขนาด 300 วัตต์ วันที่ 5 มกราคม 2558	74
4.7 การเปรียบเทียบค่ากำลังงานที่ได้จากเครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์ และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ วันที่ 3 มกราคม 2558	78
4.8 การเปรียบเทียบค่ากำลังงานที่ได้จากเครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์ และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ วันที่ 4 มกราคม 2558	80
4.9 การเปรียบเทียบค่ากำลังงานที่ได้จากเครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์ และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ วันที่ 5 มกราคม 2558	82
4.10 พลังงานไฟฟ้าที่ได้ของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานจากระบบประปาหมู่บ้าน และเซลล์แสงอาทิตย์ วันที่ 3 มกราคม 2558	83
4.11 พลังงานไฟฟ้าที่ได้ของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานจากระบบประปาหมู่บ้าน และเซลล์แสงอาทิตย์ วันที่ 4 มกราคม 2558	83
4.12 พลังงานไฟฟ้าที่ได้ของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานจากระบบประปาหมู่บ้าน และเซลล์แสงอาทิตย์ วันที่ 5 มกราคม 2558	84

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
ก.1.1 เครื่องมือเก็บข้อมูลค่าพลังงานแสงอาทิตย์	97
ก.1.2 พลังงานแสงอาทิตย์ที่วัดได้ วันที่ 3 มกราคม 2558	98
ก.2.1 พลังงานแสงอาทิตย์ที่วัดได้ วันที่ 4 มกราคม 2558	109
ก.3.1 พลังงานแสงอาทิตย์ที่วัดได้ วันที่ 5 มกราคม 2558	119
ก.4.1 การเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้ากักเก็บน้ำผลิตไฟฟ้า	129
ก.4.2 เครื่องมือวัดเก็บข้อมูลกักเก็บน้ำผลิตไฟฟ้า	129
ง.1.1 โปรแกรมเก็บข้อมูลค่าพลังงานแสงอาทิตย์ KIMO LSL200	136
ง.1.2 โปรแกรมเก็บข้อมูลค่าพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ PC-LINK SOFT	136
ง.1.3 โปรแกรมเก็บข้อมูล ค่าพลังงานไฟฟ้าจากจากพลังงานน้ำ UT70B V 3.0	137
ง.1.4 โปรแกรมเก็บข้อมูล ค่าพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ Microsoft Excel	137
ง.1.5 โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ PV Syst V5.55	138

รายการสัญลักษณ์

A_{ave}	=	พื้นที่หน้าตัดของของไหลผ่าน
BCR	=	อัตราส่วนผลตอบแทนที่ได้ต่อต้นทุนของโครงการ
B_t	=	ผล
C_t	=	ค่าใช้จ่ายในปีที่
g	=	ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก
H	=	ความสูงของแหล่งน้ำ
I	=	กระแสไฟฟ้า
I_{pv}	=	กระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
V_{pv}	=	แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
I_B	=	กระแสไฟฟ้าขณะประจุแบตเตอรี่
I_{out}	=	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
V_{out}	=	แรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
NPV	=	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ
n	=	อายุของโครงการ
P	=	กำลังไฟฟ้า
PVB	=	มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนรวม (บาท)
PVC	=	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม (บาท)
Q	=	อัตราการไหลของน้ำ
r	=	อัตราดอกเบี้ย
T	=	ช่วงเวลาดำเนินการของระบบ มีหน่วยเป็นชั่วโมง
t	=	ระยะเวลาของโครงการปี
$V_{surface}$	=	ความเร็วผิวน้ำ
V	=	แรงดันไฟฟ้า
V_B	=	แรงดันไฟฟ้าขณะประจุแบตเตอรี่
ρ	=	ค่าความหนาแน่นของน้ำ
η	=	ประสิทธิภาพของชุดกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
η_{cc}	=	ประสิทธิภาพของเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่

ประมวลศัพท์และคำย่อ

AC	=	Alternating Current Electricity
Amp	=	Ampere
AM	=	Air Mass
Ah	=	Ampere hour
DC	=	Direct current
d	=	Day
Hz	=	Hertz
kg/m ³	=	kilogram/cubic meter
KW	=	kilowatt
l/s	=	litre/sec
m ²	=	Square metre
m ³ /s	=	cubic meter/ sec
mm	=	millimeter
m/s ²	=	Metre/sec
mW	=	milliwatt
PV	=	Photovoltaic
yrs	=	year
V	=	volt
V_{oc}	=	Open Circuit Voltage
W	=	watt
W/m ²	=	watt/ Square metre
kWh/m ²	=	kilowatt hour/ Square metre